



## 7<sup>mo</sup> Congreso de Medio Ambiente

Actas 7mo Congreso de Medio Ambiente AUGM  
22 al 24 de mayo de 2012. UNLP. La Plata Argentina

### **CALIDAD DEL AMBIENTE EN ARCHIVOS Y BIODETERIORO DE SOPORTES DOCUMENTALES**

#### **Air quality in archives and biodeterioration of documentary supports**

Paola Lavin <sup>a,b</sup>, Maria de la Paz Diulio <sup>b,c</sup>, Analía Gómez <sup>b,c</sup>, Sandra Gómez de Saravia  
<sup>a,d,e</sup>, Patricia Guiamet <sup>a,b,f,\*</sup>

<sup>a</sup> Instituto de Investigaciones Fisicoquímicas Teóricas y Aplicadas (INIFTA), Departamento de Química, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP, CCT La Plata- CONICET. C.C. 16, Suc.4 (1900), La Plata. [paolalavin@gmail.com](mailto:paolalavin@gmail.com) [sgomez@inifta.unlp.edu.ar](mailto:sgomez@inifta.unlp.edu.ar) [pguiamet@inifta.unlp.edu.ar](mailto:pguiamet@inifta.unlp.edu.ar) <sup>b</sup> CONICET <sup>c</sup> Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable (LayHS), Facultad de Arquitectura y Urbanismo, UNLP. Calle 47 N°162 (1900) La Plata. Tel. +54 221 423-6587 al 90 Int. 255 [diuliomp@gmail.com](mailto:diuliomp@gmail.com) [anygomez@gmail.com](mailto:anygomez@gmail.com) <sup>d</sup> CICBA <sup>e</sup> Facultad de Ciencias Naturales y Museo, UNLP. <sup>f</sup> Facultad de Ciencias Veterinarias, UNLP

\*Autor para correspondencia: +54 221 4257430 int. 117 [pguiamet@inifta.unlp.edu.ar](mailto:pguiamet@inifta.unlp.edu.ar)

*Palabras clave: biofilms, bacterias, hongos, patrimonio documental.*

*Keywords: biofilms, bacteria, fungi, documentary heritage.*

*Título abreviado: ambiente y biodeterioro en archivos*

## ABSTRACT

Documentary heritage encompasses those valuable documentary collections for the information they contain and that should be preserved by nations and to be known to the population through generations, as permanent features of their identity. The documents are susceptible to different types of damage, including biodeterioration. This work presents the results obtained from the analysis of air quality and environmental parameters in two archives of La Plata: Archivo Histórico del Museo de La Plata (AHMLP) and Archivo del Departamento de Investigación Histórica y Cartográfica de la Dirección de Geodesia (ADIHC). Biodeterioration studies were performed to evaluate possible damage to documents stored. This research was corroborated by laboratory tests using a bacterial strain (*Bacillus* sp.) and two fungal strains (*Scopulariopsis* sp. and *Fusarium* sp.) commonly isolated from these archives, in order to assess the damage on the paper.

The samples to analyze the microbial quality of air were taken using the technique of sedimentation in agar. In the laboratory, isolated strains were inoculated in mineral medium with filter paper aged (72 h at 105 ° C, equivalents to 25 years of age) as a only carbon source. Development of biofilm on documents and paper samples from laboratory assays were observed at the scanning electron microscope. The results of hygrothermal measurements showed that AHMLP remains 94% of the records obtained in the measurements within the tolerance range of temperature and RH for the conservation of paper, while the ADIHC this value decreases to 86%. Microbial counts were higher in the air of ADIHC, which would be related to peaks of RH recorded. Laboratory tests showed damage to cellulose fibers and pigments excretion by fungal activity.

## RESUMEN

El patrimonio documental abarca aquellos acervos documentales valiosos por la información que contienen y que deberían ser conservados por las naciones y conocidos por la población a través de las generaciones, como rasgos permanentes de su identidad. Los documentos son susceptibles a diferentes tipos de daños, entre ellos, el biodeterioro. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos del análisis de la calidad del aire y de los parámetros ambientales en dos archivos de La Plata: Archivo Histórico del Museo de La Plata (AHMLP) y Archivo del Departamento de Investigación Histórica y

Cartográfica de la Dirección de Geodesia (ADIHC). Se realizaron estudios de biodeterioro con el fin de evaluar los posibles daños en documentos almacenados. Estas investigaciones fueron corroboradas por ensayos de laboratorio utilizando una cepa bacteriana (*Bacillus* sp.) y dos cepas fúngicas (*Scopulariopsis* sp. y *Fusarium* sp.) aisladas comúnmente de estos archivos, con el fin de evaluar los daños producidos sobre el papel.

Los muestreos para analizar la calidad microbiana del aire fueron realizados mediante la técnica de sedimentación en agar. En el laboratorio, las cepas aisladas fueron inoculadas en medio mineral con papel de filtro envejecido (72 hs a 105°C, equivalentes a 25 años de envejecimiento) como única fuente de carbono. Se realizaron observaciones del desarrollo del biofilm en documentos y de las muestras de papel provenientes de los ensayos en el microscopio electrónico de barrido (MEB).

Los resultados de la medición higrotérmica mostraron que el AHMLP permanece el 94% de los registros obtenidos en la medición, dentro del rango de tolerancia de temperatura y HR para la conservación del papel, mientras que en el ADIHC este valor descende a un 86%. Los recuentos microbiológicos de aire resultaron mayores en el ADIHC, lo que estaría relacionado a los picos de HR registrados. Los ensayos de laboratorio evidenciaron daños en las fibras de celulosa y excreción de pigmentos por actividad fúngica.

## INTRODUCCIÓN

Los archivos y las bibliotecas forman parte del Patrimonio Cultural de una Nación, ya que en ellos se salvaguarda parte de la memoria de los pueblos (UNESCO, 1982). Los bienes, en este caso documentos, allí almacenados son susceptibles a diversos tipos de daños de índole física, química o biológica. Los microorganismos son causantes de daños de tipo biológico, o biodeterioro. El biodeterioro del patrimonio documental es el conjunto de alteraciones de las propiedades físico-químicas y

mecánicas del material provocadas por la acción de los organismos. A esto se suman las modificaciones del aspecto estético que se producen en los objetos afectados. La intensidad de las alteraciones, se produce en función de los componentes de los soportes y de las condiciones ambientales (Valentín, 2003; Borrego *et al.*, 2010, Guiamet *et al.*, 2011).

El contenido de humedad en un material, también llamado actividad del agua ( $A_w$ ) es uno de los factores más importantes en el crecimiento microbiano. Muchas especies de hongos y bacterias comienzan su desarrollo en función del contenido de humedad sobre la superficie de un objeto. Los hongos son uno de los grupos de microorganismos que más daños causan al papel, ya que tienen la capacidad de crecer a  $A_w$  mas bajas que las bacterias, si bien éstas últimas también son capaces de desarrollarse en este tipo de soportes cuando las condiciones ambientales no son las adecuadas para la conservación de estos materiales (Valentín, 2004).

Los hongos, al igual que muchas especies bacterianas producen manchas de diferentes tonalidades, como resultado de los productos que excretan. Estos microorganismos poseen una amplia batería enzimática que les permite utilizar el papel como fuente nutricional y así, sobrevivir y reproducirse a expensas de esta única fuente de carbono. Poseen enzimas tales como la celulasa o diferentes tipos de proteasas y también ácidos orgánicos (oxálico, fumárico, acético, láctico, glucónico, glucurónico, etc), los cuales se depositan sobre el soporte modificando sus propiedades químicas y como consecuencia, deteriorándolo (Valentín, 2003; Borrego *et al.*, 2010; Guiamet *et al.* 2011)

## METODOLOGÍA

Los archivos estudiados fueron el Archivo Histórico del Museo de La Plata (AHMP) y el Archivo del Departamento de Investigación Histórica y Cartográfica de la Dirección de Geodesia del Ministerio de Obras Públicas de la Provincia de Buenos Aires (ADIHC).

Los parámetros ambientales temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y humedad relativa (HR%) fueron medidos entre los días 9 y 27 de junio de 2011, cada 30 minutos, mediante registradores de datos HOBO H08-004-02. La cantidad de registradores dependió de las dimensiones del lugar, por lo que se colocó un dispositivo en el AHMP y dos en el ADIHC. Los valores de referencia aceptables (Bell & Faye, 1980) fueron entre 15-22  $^{\circ}\text{C}$  para la temperatura y entre 45-65% para la HR %.

Los muestreos para los estudios microbiológicos fueron realizados por el método de sedimentación en agar. Se colocaron placas de Petri abiertas a 2 m del piso durante 30 minutos en puntos representativos según los sectores a muestrear. Las mismas contenían diferentes medios de cultivo para bacterias, hongos y levaduras. Las placas se incubaron a  $28 \pm 2$   $^{\circ}\text{C}$  durante 72 h para el desarrollo de bacterias y durante 7 días para el desarrollo de hongos (Guamet *et al.*, 2011).

Una vez incubadas las placas, se realizaron los recuentos de colonias fúngicas y bacterianas y se determinaron las unidades formadoras de colonia por  $\text{m}^3$  de aire ( $\text{UFC.m}^{-3}$ ), teniendo en cuenta la ecuación descripta por Omeliansky (Bogomolova &

Kistsideli, 2009). Se analizaron tres fotos del AHMLP, dos en papel (F1 y F2) y una diapositiva en cristal (F3); un mapa (M3) y un libro del ADIHC (L1). La toma de muestras se realizó determinando un área de muestreo, mediante la técnica del hisopado (Figura 1) en forma aséptica y sin producir daños en el material (Rempel, 1987). Los hisopos fueron trasladados al laboratorio en solución fisiológica estéril. La muestra se homogeneizó y se procedió al cultivo de la misma (Borrego *et al.*, 2010).

Para la identificación de bacterias se realizaron pruebas bioquímicas descritas en el Bergey's Manual of Systematic Bacteriology (Sneath *et al.*, 1986) y se utilizaron técnicas de biología molecular (Guiamet *et al.*, en prensa). Se utilizó un microscopio Olympus BX-51.



Figura 1. Hisopo utilizado para la toma de muestras *in situ* de documentos afectados

Figure 1. Cotton swab used for *in situ* sampling in affected documents

Las cepas de hongos ensayadas fueron *Fusarium* sp. y *Scopulariopsis* sp. (hongos), aisladas de patrimonio documental del ADIHC y la cepa bacteriana *Bacillus* sp. aislada del AHMLP. Las cepas fueron sembradas en tubos pico de flauta con medio mineral, al cual se le colocó una tira de papel de filtro envejecido (72 hs a 105°C, equivalentes a 25 años de envejecimiento) como única fuente de carbono. El control empleado fue el mismo medio con agregado de glucosa 1%. La adherencia de los microorganismos al

papel fue observada a través de microscopio electrónico de barrido (MEB) Jeol 6360LV. Para su observación en el MEB, las muestras fueron preparadas manteniéndolas durante 24 hs en cámara cerrada con alcohol etílico absoluto para su deshidratación y fueron metalizadas con Au/Pd.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis ambiental

En el AHMLP, las concentraciones fúngica y bacteriana oscilaron entre 60 y 200 UFC.m<sup>-3</sup>. Según la escala de Omeliansky para evaluar el grado de contaminación del aire se considera ambiente no contaminado.

En el ADIHC, las concentraciones fúngica y bacteriana oscilaron entre 640 y 2720 UFC.m<sup>-3</sup>. Se considera que el ambiente está altamente contaminado.

Estos resultados pueden relacionarse con los parámetros ambientales medidos en los mismos archivos, especialmente con los valores de HR más elevados registrados en ADIHC que en el AHMLP, factor que, como fue citado anteriormente, favorece el desarrollo de los microorganismos.

*Aspergillus* spp. predominó en el aire del ADIHC (60%) en tanto que *Penicillium* spp. predominó en el aire del AHMLP (100%). Ambos géneros fúngicos también han sido encontrados en un porcentaje mayoritario por otros autores (Shamsian *et al.*, 2006). *Aspergillus* spp. es uno de los hongos de mayor interés clínico. Otros géneros

comúnmente aislados fueron *Scopulariopsis* spp., *Fusarium* spp., *Alternaria* spp. y *Cladosporium* spp. Algunos de los microorganismos identificados son capaces de provocar patologías diversas (alergias, onicomycosis, afecciones respiratorias, etc.) fundamentalmente en el personal que manipula este tipo de materiales a diario, como los bibliotecarios y archivólogos. *Fusarium* spp. se encuentra entre los agentes etiológicos más frecuentes a nivel mundial causantes de onicomycosis por mohos filamentosos (Gost *et al.*, 2003, Cavallera & Asbati, 2006).

Con relación a las bacterias ambientales (cocos y bacilos) se observó un predominio de las Gram positivas (AHMLP: 100%, Archivo de Geodesia: 90%). Entre los géneros bacterianos comúnmente aislados se encuentran *Staphylococcus* spp., *Streptococcus* spp., *Bacillus* spp., y *Streptomyces* spp. (Gram positivas) y *Serratia* spp., *Serratia marcescens* y *Enterobacter agglomerans* (Gram negativas).

Los parámetros ambientales medidos pueden observarse en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Medias y desvíos estándar de parámetros ambientales medidos en los archivos estudiados (9-27 de junio de 2011) n=912.

**Table 1.** Means and standard deviations of environmental parameters measured in the studied archives (June 9-27<sup>th</sup>) n=912.

	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)
<b>ADIHC</b>	19.0±1.8	54.4±6.5
<b>AHMLP</b>	19.0±1.4	52.2±3.6



Con respecto a los mismos la dispersión fue menor en el AHMLP, lo que indica una mayor estabilidad. La cantidad de momentos en los que el aire en contacto con los objetos se encuentra dentro de la condición ideal resultaron superiores en el AHMLP (94%), mientras que en el ADIHC estos registros son del 86%.

Las HR superiores registradas en el ADIHC estarían favoreciendo a una mayor carga microbiana en el aire de dicho archivo. Esto también puede justificarse teniendo en cuenta las condiciones diferenciales del ambiente que rodea a ambos archivos. El AHMLP se encuentra emplazado en el Bosque de la ciudad de La Plata, en una zona poco contaminada, en cambio, el ADIHC está ubicado en el centro de la ciudad, circundado por avenidas transitadas.

## **Análisis de laboratorio**

### *Cuantificación de la adherencia microbiana en documentos*

Los resultados de los recuentos microbianos obtenidos a partir de los documentos seleccionados pueden observarse en la Tabla 2.

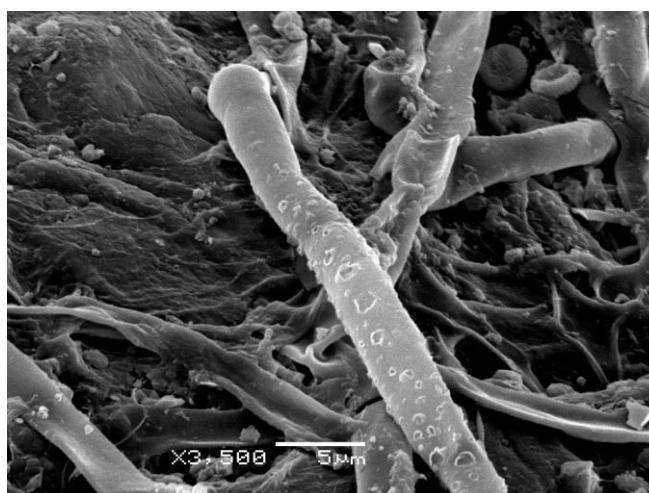
**Tabla 2.** Recuentos microbianos obtenidos de documentos.

**Table 2.** Microbial counts obtained from documents

<b>Tipo de documento</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Bacterias (UFC.cm<sup>-2</sup>)</b>	<b>Hongos (UFC.cm<sup>-2</sup>)</b>
Fotografía 1 (F1)	AHMLP	$2.2 \times 10^3$	$1.0 \times 10^2$
Fotografía 2 (F2)	AHMLP	$3.7 \times 10^4$	-
Fotografía 3 (F3)	AHMLP	$3.0 \times 10^4$	$1.0 \times 10^3$
Libro 1 (L1)	ADIHC	2	1
Mapa 3 (M3)	ADIHC	20	3

Los valores de adherencia mas elevados corresponden a las bacterias Gram positivas, con predominancia de *Bacillus* spp. Las bacterias de éste género pueden degradar un amplio rango de sustratos debido a sus características fisiológicas (Claus & Berkeley, 1986) y la mayoría de las especies producen endosporas que son altamente resistentes a condiciones ambientales extremas, a los antibióticos, desinfectantes y otras sustancias químicas, por lo que además son fáciles de diseminar.

En la Figura 2 puede observarse material particulado (suciedad) y conidios de hongos entremezclados con las fibras de celulosa del material.



**Figura 2.** Microfotografía de MEB. Hifas de hongos sobre documento del ADIHC.

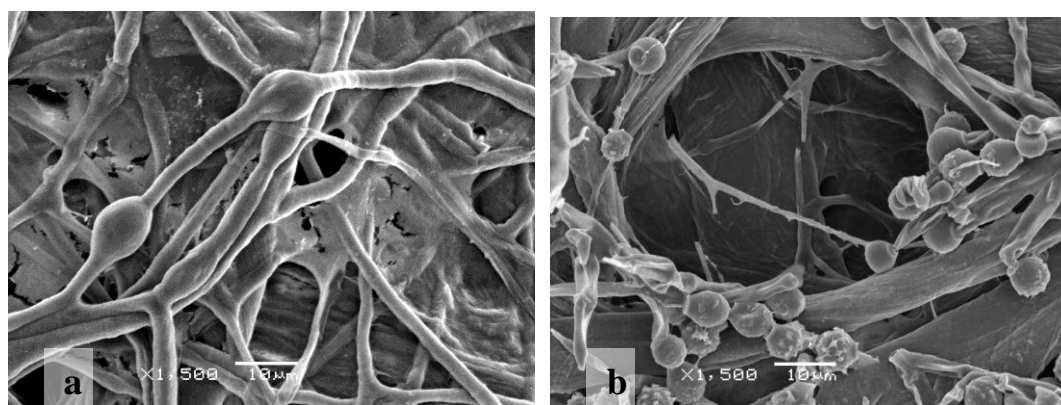
**Figure 2.** SEM micrograph. Fungal hyphae on ADIHC document.

En relación a los hongos aislados de documentos se pudo detectar que *Aspergillus* spp. fue el de mayor predominio. Se aislaron también *Penicillium* sp. de F3 y F4, Micelia sterilia de F3, *Fusarium* sp. y *Scopulariopsis* sp. de L1 y *Alternaria* sp. de M3.

Los recuentos obtenidos dependieron de la naturaleza del sustrato. Los mayores recuentos correspondieron a soportes más ricos en nutrientes como las fotografías (Tabla 2).

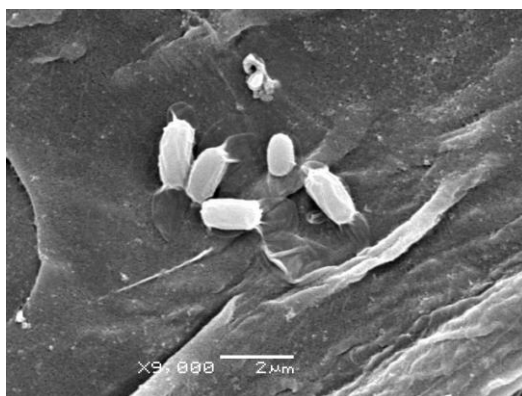
### *Experiencias*

*Scopulariopsis* sp., *Fusarium* sp. (Figura 3 a,b) y *Bacillus* sp. (Figura 4) fueron capaces de adherirse al papel y de utilizarlo como única fuente de carbono. En el caso de *Scopulariopsis* sp. se pudo constatar su viabilidad por mas de 18 meses sin renovación del medio de cultivo. La capacidad celulolítica y la producción de pigmentos de ambas cepas de hongos –con el consecuente daño estético que dichos pigmentos ocasionan– fueron demostradas. Las imágenes de MEB mostraron fibras de celulosa biodeterioradas, tanto por los hongos como por la cepa de *Bacillus* sp. ensayadas y sustancias poliméricas extracelulares (SPE) sobre el papel.



**Figura 3.** Microfotografías de MEB. *Fusarium* sp. (a) y *Scopulariopsis* sp. (b) de un cultivo de 15 días de incubación con papel de filtro. Se observan hifas y conidios del hongo entremezcladas las fibras de celulosa (1500X).

**Figure 3.** SEM micrographs *Fusarium* sp. (a) and *Scopulariopsis* sp. (b) in a 15 d culture with filter paper. Hyphae and conidia interspersed with cellulose fibers can be observed (1500X).



**Figura 4.** Microfotografía de *Bacillus* sp. adherido sobre las fibras de celulosa del papel a las 48 h de incubación. Se observan sustancias poliméricas extracelulares (9000X)

**Figure 4.** SEM micrograph of *Bacillus* sp. adhered to paper cellulose fibers after 48 h incubation period. Extracellular polymeric substances (EPS) can be observed (9000X).

## CONCLUSIONES

Los recuentos de bacterias en el aire en los depósitos del ADIHC fueron superiores a los de hongos, en tanto que en el AHMLP la concentración fúngica fue superior. La carga microbiana total en el aire fue mayor para el ADIHC que para el AHMLP, lo cual se relaciona con los parámetros ambientales medidos en los archivos. Dentro de las bacterias del aire, el predominio correspondió a las Gram positivas.

Los valores de adherencia microbiana hallados en la gran mayoría de los documentos fueron mayores para las bacterias que para los hongos y dependieron de la naturaleza del sustrato analizado.

Los géneros fúngicos predominantes en el aire de ambos archivos fueron *Penicillium* spp. y *Aspergillus* spp. En el ADIHC fueron comunes los géneros *Fusarium* spp. y *Scopulariopsis* spp., lo cual demuestra una correspondencia con los géneros mas comúnmente aislados de los documentos analizados.

Los hongos ensayados excretaron pigmentos que provocaron daños estéticos en los papeles ensayados.

Se demostró la capacidad de algunas de las cepas fúngicas (*Fusarium* sp. y *Scopulariopsis* sp.) y de la cepa bacteriana (*Bacillus* sp.) aisladas en estos archivos, de crecer utilizando papel como única fuente de carbono. Dichos microorganismos intervienen en el proceso de biodeterioro y constituyen una amenaza para los documentos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores agradecen a los proyectos de incentivos UNLP 11N578, 11X576 y a CONICET (PIP 0200) por la financiación.

A la Lic. Patricia Battistoni por su asistencia técnica. A la Dra. Silvia Ametrano y al Lic. Juan Carlos Álvarez Gelves por permitir la toma de muestras y las mediciones en el AHMLP y el ADIHC, respectivamente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bell L & Faye B. 1980. *La concepción de los edificios de archivos en los países tropicales*. Documentación, bibliotecas y archivos: estudios e investigaciones. (1º ed.). UNESCO, Paris: 189 p
- Bogomolova EV & Kirtsideli I. 2009. Airborne fungi in four stations of the St, Petesburg underground railway system, *International Biodeterioration & Biodegradation*, 63: 156–160
- Borrego S, Guiamet P, Gómez de Saravia S, Battistoni P, García M, Lavin P & Perdomo I. 2010. The quality of air at archives and the biodeterioration of photographs. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 64: 139-145
- Cavallera E & Asbati M. 2006. Onicomycosis por hongos filamentosos no dermatofitos *Dermatología Venezolana*, 44 (1): 4-10
- Claus D & Berkeley R. 1986. The genus *Bacillus*. P 1105–1139. En: Sneath PHA, Sharpe ME & Holt JG (eds), *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Williams and Wilkins, Baltimore-London, 2: 2632 p
- Gost J, Bermejo B, Rivero M, Espatolero M, Polo I. & Sínz de la Murieta J. 2003. Vigilancia y control de las infecciones originadas por gérmenes oportunistas: aspergilosis. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, España. 23:185-192
- Guiamet P, Borrego S, Lavin P, Perdomo I & Gómez de Saravia S. 2011. Biofouling and biodeterioration in materials stored at the Historical Archive of the Museum of La Plata, Argentine and at the National Archive of the Republic of Cuba. *Colloids and Surface B: Biointerfaces*, 85: 229-234
- Guiamet P, Rosato V, Gómez de Saravia S, García A & Moreno D. 2011. Biofouling of crypts of historical and architectural interest at La Plata Cemetery (Argentina). *Journal of Cultural Heritage*, en prensa

- Rempel S. 1987. *The care of photographs*. 1º Edition. Editorial Nick Lyon Books, New York, USA: 117 p
- Shamsian A, Fata A, Mohajeri M & Ghazvini K. 2006. Fungal contaminations in historical manuscripts at Astan Quds Museum Library, Mashhad, Iran. *International Journal of Agriculture & Biology*, 8 (3):420-422
- Sneath PHA, Mair N, Sharpe ME & Holt JG (eds). 1986. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Williams & Wilkins, Baltimore. London, 2: 2632 p
- UNESCO.1982. Conferencia Mundial sobre las Políticas Culturales. Disponible en: [http://portal.unesco.org/culture/es/files/12762/11295424031mexico\\_sp.pdf/mexico\\_sp.pdf](http://portal.unesco.org/culture/es/files/12762/11295424031mexico_sp.pdf/mexico_sp.pdf)
- Valentín N. 2003. Microbial contamination and insect infestation in organic materials. *Coalition*, 1(6):2-3
- Valentín N. 2004. Diseño y propuestas para el control y la erradicación del biodeterioro. Microorganismos e insectos. *Jornadas Monográficas para la Prevención del Biodeterioro en Archivos y Bibliotecas*, Instituto del Patrimonio Histórico Español, España: 84-89